



Suivi environnemental post implantation d'éoliennes du parc éolien de Penquer II, communes de Tréglamus et Moustéru (Côtes d'Armor 22)

RENNES, siège social
Parc d'activités d'Apigné
1 rue des Cormiers - BP 95101
35651 LE RHEU Cedex
Tél : 02 99 14 55 70
rennes@ouestam.fr

NANTES
5 boulevard Ampère
44470 CARQUEFOU
Tél : 02 40 94 92 40
nantes@ouestam.fr

LA ROCHELLE
30 bis rue de la Belle Étoile
17138 PUILBOREAU
Tél : 07 84 17 13 33
larochelle@ouestam.fr

Rapport de l'étude environnementale

2024-2025

Code. affaire : 24-0087

Resp. étude : Brice Normand



Ouest am

L'intelligence collective au service des territoires

Ce document a été réalisé par :

Analyses et rédaction : Camille-Amélie SAND

Cartographie : Florence BRETECHE

Relecture : Loïc BELLION et Brice NORMAND

Sommaire

INTRODUCTION	5
1 PREAMBULE.....	5
2 LOCALISATION DU PARC.....	6
METHODOLOGIE	7
3 HABITATS	7
4 SUIVI DE LA MORTALITE	7
4.1 PROSPECTIONS DE TERRAIN.....	7
4.2 COEFFICIENTS DE CORRECTION	9
4.2.1 Prospectabilité et détectabilité.....	9
4.2.2 Tests d'efficacité et de persistance.....	10
4.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES	12
4.3.1 Estimateurs Huso et Jones.....	12
4.3.2 Estimateur GenEst.....	13
5 PATRIMONIALITE, SENSIBILITE ET NIVEAU DE RISQUE POUR LES OISEAUX ET LES CHAUVES-SOURIS	14
6 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE ET SEUIL DE SIGNIFICATIVITE	14
7 LIMITES DE LA METHODE	16
7.1 SITE ET PROTOCOLE	16
7.2 ESTIMATION DE LA MORTALITE	16
8 METHODE DE CALIBRAGE DES MESURES CORRECTIVES	16
9 RAPPEL DES CONCLUSIONS DES SUIVIS PRECEDENTS.....	18
10 MODELES DE REGULATION ACTUELS	20
RESULTATS.....	21
11 HABITATS DANS UN RAYON DE 300 M (PHOTOINTERPRETATION).....	21
12 ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX.....	23
13 RESULTATS DES TESTS	26
13.1 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE	26
13.2 PROSPECTABILITE	26
14 MORTALITE DES CHIROPTERES.....	27
14.1 MORTALITE BRUTE	27
14.2 MORTALITE ESTIMEE	27
15 MORTALITE DE L'AVIFAUNE	28
15.1 MORTALITE BRUTE	28
15.2 MORTALITE ESTIMEE	28
16 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE	29
16.1 CHIROPTERES	29
16.2 AVIFAUNE.....	30
CONCLUSION.....	31

17	CHIROPTERES	31
17.1	SIGNIFICATIVITE POUR LES CHIROPTERES	31
17.2	MESURES PROPOSEES POUR LES CHIROPTERES	31
18	OISEAUX	31
18.1	SIGNIFICATIVITE POUR LES OISEAUX	31
18.2	MESURES PROPOSEES POUR LES OISEAUX	32
19	NECESSITE DE REALISER UN SUIVI COMPLEMENTAIRE	32
	TABLE DES FIGURES	33
	TABLE DES TABLEAUX	34
	ANNEXES	35
	ANNEXE 1 : TABLEAU DE PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE	35
	ANNEXE 2 : METHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA PERSISTANCE MOYENNE DANS LES TESTS DE PERSISTANCE	39
	ANNEXE 3 : TABLEAU DES TESTS D'EFFICACITE D'OBSERVATION	41
	ANNEXE 4 : TABLEAU DES TESTS DE PERSISTANCE	42
	ANNEXE 5 : TABLEAU DE MORTALITE DES CHIROPTERES.....	43
	ANNEXE 6 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES CHIROPTERES	45
	ANNEXE 7 : TABLEAU DE MORTALITE DES OISEAUX	46
	ANNEXE 8 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES OISEAUX	48

INTRODUCTION

1 PREAMBULE

A la demande de la société **Elicio**, un suivi environnemental du parc en exploitation de Penquer II situé sur les communes de Tréglamus et Moustéru dans le département des Côtes d'Armor (22) a été confié au bureau d'études OUEST AM' sur la période **d'avril 2024 à mai 2025**. Le parc est composé de 2 éoliennes Enercon E82 (Tableau 1).

Tableau 1 : parc éolien de Penquer II

Commune(s)	Parc éolien	Mise en service	Phase du suivi	Éoliennes	Modèle	Hauteur du moyeu	Diamètre du rotor	Garde au sol
Tréglamus et Moustéru	Penquer II	11/2010	n+14	E1, E2	Enercon E82	78 m	82 m	37 m

Le suivi environnemental est composé de deux parties :

- suivi de la mortalité des chauves-souris et des oiseaux de la semaine 14 (2024) à la semaine 18 (2025) avec 57 passages de prospection,
- comparaison des données de mortalité avec la synthèse réalisée par Ouest Am' sur les estimations de mortalités disponibles entre 2019 et 2023,
- comparaison des niveaux d'activité des chiroptères en nacelle au référentiel 2019-2023 créé par Ouest Am'.

Notre proposition respecte les documents de référence suivants :

- arrêté du 22 juin 2020 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement,
- arrêté du 26 août 2011 concernant les installations classées ICPE (et notamment l'article 12),
- protocole des suivis environnementaux de parcs éoliens terrestres MEDDE – avril 2018

2 LOCALISATION DU PARC

Le parc de Penquer II est situé au sud-est de la commune de Tréglamus, et au nord-ouest de la commune de Moustéru dans le département des Côtes d'Armor (22) en Bretagne (Figure 1).

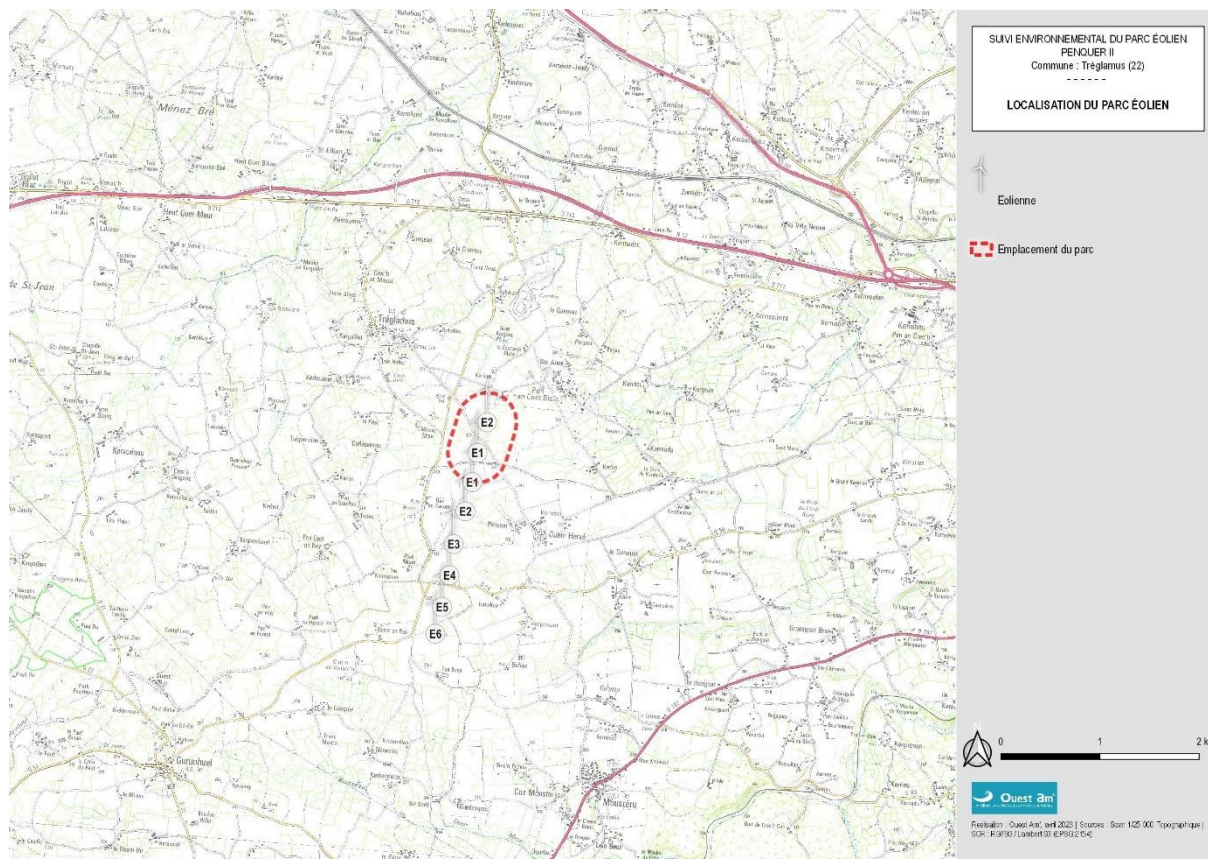


Figure 1 : carte de localisation du parc éolien de Penquer II

METHODOLOGIE

3 HABITATS

L'aire d'étude pour l'identification ou la caractérisation des communautés végétales et des habitats (typologie Corine Land Cover et BD Topo) comprend les parcelles situées dans un rayon de 300 mètres autour des éoliennes. Il s'agit d'un travail de photo-interprétation des photographies aériennes les plus récentes.

4 SUIVI DE LA MORTALITE

4.1 PROSPECTIONS DE TERRAIN

La mission a consisté à prospecter à pied les alentours immédiats des éoliennes selon un quadrillage inclus dans un carré de **100 mètres de côté autour de chaque éolienne** grâce à des points de repères visuels. Les transects au sein de ce quadrillage sont espacés de 5 à 10 mètres en fonction des contraintes liées au terrain et à la végétation. Ce quadrillage permet une prospection rigoureuse à raison de 45 minutes environ par éolienne (pouvant varier de 30 minutes à 1 heure selon les contraintes liées à la végétation et à la visibilité) (Figure 2).

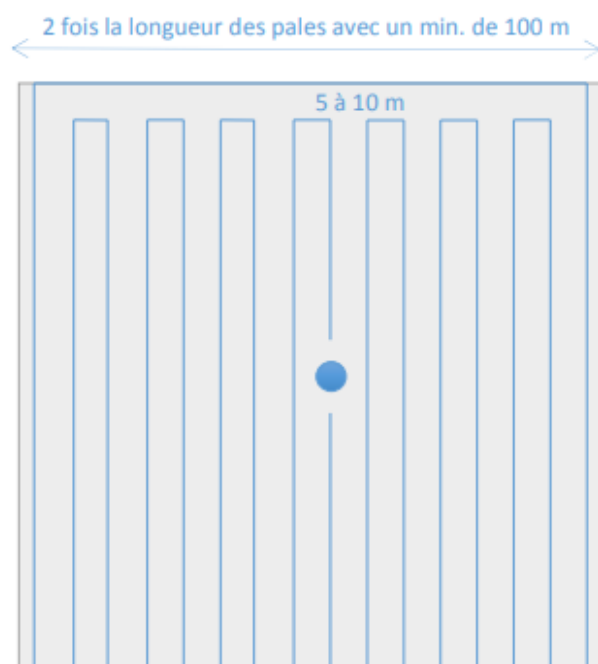


Figure 2 : schéma de prospection sous les éoliennes

Ce quadrillage d'un hectare par éolienne ainsi matérialisé permet une prospection rigoureuse et standardisée conçue à l'origine pour les oiseaux mais parfaitement transposable aux chauves-souris.

Lorsque toute la surface n'est pas accessible (végétation trop haute, haies et boisements, travaux agricoles en cours ...) l'observateur note la surface qu'il a pu prospecter, afin d'appliquer ensuite un facteur de correction.

Les passages sont réalisés une fois par semaine, en respectant si possible un intervalle de 7 jours, conformément au protocole national de suivi.

Le suivi de mortalité a été réalisé **du 2 avril 2024 au 2 mai 2025**. Au total, **57 passages** de prospection pour la mortalité avifaune et chiroptères ont été réalisés durant ce suivi.

La dérogation pour l'enlèvement et le transport d'espèces protégées a été reçue le 07/06/2024.

Les résultats sont notés sur une fiche de terrain avec les informations suivantes :

- La date de la découverte,
- l'identification de l'espèce (si possible),
- l'état apparent du cadavre (description précise),
- la cause présumée de la mort,
- la localisation précise de la découverte (éolienne concernée, emplacement par rapport à celle-ci, coordonnées GPS),
- la surface prospectée et la détectabilité de celle-ci,
- les conditions météorologiques.

Chaque observation s'accompagne de photos.

L'identification des espèces se fait :

- de visu sur le terrain, pour les oiseaux peu dégradés,
- avec un examen plus précis des plumes (si nécessaire pour les oiseaux en état de décomposition avancée),
- pour les chauves-souris, par analyse biométrique, examen des organes génitaux, de la dentition et de la forme des tragus.

Cas des plumes et plumées :

Une plumée est considérée comme un cadavre si elle est trouvée dans la zone de recherche dans les cas suivants :

- plumes coupées nettement,
- ensemble de plumes (rémiges, rectrices, couvertures etc.) rassemblées ou dans un périmètre rapproché.

Les individus impactés par une éolienne peuvent être ensuite prédatés. Dans ce cas, il est possible de ne trouver que quelques plumes qui présentent les caractéristiques définies ci-dessus associées à des caractéristiques de prédation (plumes souillées, coupées non nettement).

Les plumes isolées ou d'un ensemble du même type (exemple d'un ensemble de duvets de pigeons) ne sont pas nécessairement liées à une collision, il peut s'agir de mues ou de plumes perdues en vol. Dans ce cas, il est possible de considérer que la plume ou la plumée n'est pas issue d'une collision. Ces observations ne sont pas intégrées dans les calculs de mortalité. Les cas de cadavres trouvés sous une éolienne et dont la cause présumée de la mort n'est pas issue d'une collision ou de barotraumatisme sont rares.

4.2 COEFFICIENTS DE CORRECTION

4.2.1 PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE

Pour estimer le taux de mortalité des oiseaux et des chiroptères, 5 valeurs sont requises :

- le nombre de carcasses trouvées aux alentours des éoliennes ;
- la persistance moyenne des carcasses (en jours) ;
- l'efficacité des observateurs à détecter des carcasses (en %) ;
- la proportion de la parcelle inventoriée (en %) ;
- la détectabilité des cadavres en fonction de la végétation (en %).

La prospectabilité du carré autour de chaque éolienne se rapporte à la possibilité pour l'observateur d'inspecter ou non l'intégralité de la surface de ce carré. Ainsi, l'occupation du sol peut présenter par exemple un fourré impénétrable sur 10% de la surface du carré, qui reste ainsi non prospecté, alors que des cadavres de chauves-souris peuvent néanmoins s'y trouver.

Le niveau de prospectabilité du parc est évalué selon le barème suivant (Tableau 2) :

Tableau 2 : classes de niveau de prospectabilité

Niveau de prospectabilité	Surface moyenne prospectée (%)
Très bon]80 ; 100]
Bon]60 ; 80]
Moyen]40 ; 60]
Mauvais]20 ; 40]
Très mauvais	[0 ; 20]

La détectabilité est liée aux difficultés plus ou moins grandes que rencontre l'observateur en fonction de l'état de la végétation sous l'éolienne, et de son évolution en cours d'étude. Un carré peut être occupé en partie par une culture de maïs dont les rangées sont pénétrables et donc prospectables, mais dont la hauteur et le recouvrement, de plus en plus conséquents au fur et à mesure de l'avancement de la saison, rendent difficiles, voire quasi impossibles, les découvertes de cadavres. C'est aussi le cas des céréales à paille ou du ray-grass lorsque la végétation est haute et dense. La zone est alors « prospectable » sans que la détectabilité des cadavres y soit pour autant complète.

De cette manière, pour chaque passage, un tableau (Annexe 1) est renseigné avec la prospectabilité sous chaque éolienne et la détectabilité qui est indiquée par un niveau de couverture végétale :

- niveau D1 : sol nu (plateformes, sols hersés ...),
- niveau D2 : végétation basse et peu dense (pâturages, prairies fauchées, labours...),
- niveau D3 : végétation haute et/ou dense.

A titre d'exemples, des photographies de prospectabilité avec des détectabilités différentes sont illustrées ci-dessous (Figure 3).

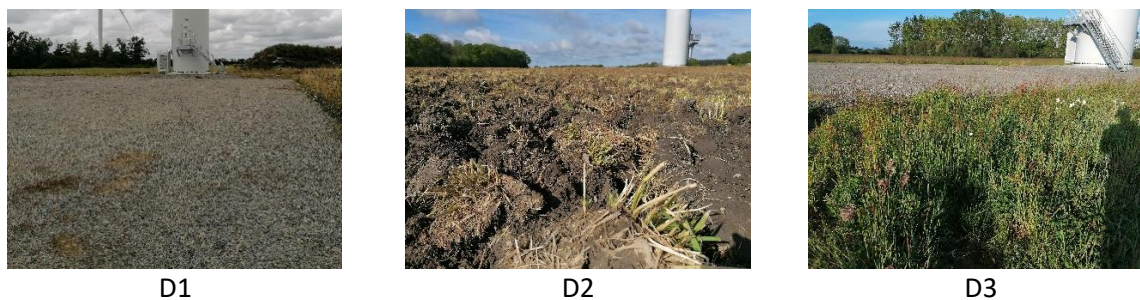


Figure 3 : photographies d'exemples de prospectabilité avec des détectabilités différentes (hors site)

4.2.2 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE

Les coefficients correcteurs (test d'efficacité et persistance) ont été établis lors de deux phases de tests en fin de printemps et en automne.

L'**efficacité de recherche**, calculée en comparant le nombre de cadavres retrouvés à celui des cadavres préalablement déposés sous l'éolienne, est lié à la performance visuelle de l'observateur. Le test est fait sous une ou deux éoliennes représentatives des habitats observés (avec les différentes hauteurs de végétation possible) sur l'ensemble du parc.

Le niveau d'efficacité de recherche est évalué selon le barème suivant (Tableau 3) :

Tableau 3 : classes de niveaux d'efficacité de recherche

Niveau d'efficacité de recherche	Efficacité de recherche (%)
Très bon]80 ; 100]
Bon]60 ; 80]
Moyen]40 ; 60]
Mauvais]20 ; 40]
Très mauvais	[0 ; 20]

La **persistance** est liée à la présence de charognards (corvidés, mustélidés, renards, insectes nécrophores ...). Pour l'établir, il faut récupérer, hors site d'étude, des cadavres de souris ou oiseaux de petite taille avant de les déposer dans les carrés de recherche sous les éoliennes. La persistance est suivie par des passages répétés, le lendemain du jour de dispersion, puis 2 fois par semaines jusqu'à disparition des cadavres ou après une période de 14 jours. La persistance moyenne des cadavres sur le parc est égale à la moyenne du nombre de jours avant la disparition de chacun des poussins déposés pour le test.

Pour évaluer le niveau de persistance, Ouest Am' a réalisé une étude en 2024 basée sur les données des suivis de mortalité collectées entre 2019 et 2023 par le bureau d'études. En se basant sur les valeurs de persistance médiane des suivis analysés (temps au bout duquel 50% des cadavres ont disparu), différents niveaux de persistance ont été établis en fonction des quartiles, selon le barème suivant (Tableau 4) :

Tableau 4 : classes de niveaux de persistance

Niveau de persistance	Limite inférieure	Limite supérieure	Persistance correspondante (jours)
Court	0	Q1	[0 ; 1,76]
Modéré	Q1	Q3]1,76 ; 4,05]
Long	Q3	∞	> 4,05

Le premier quartile (Q1) représente la valeur sous laquelle se trouvent les 25 % des données les plus faibles, indiquant la limite inférieure de la distribution ; L'intervalle entre Q1 et Q3 contient 50 % des données centrales de la distribution ; Le troisième quartile (Q3) marque la valeur sous laquelle se trouvent les 75 % des données.

4.3 METHODE DE TRAITEMENT DES DONNEES

Trois estimateurs de mortalité, reposant sur des hypothèses de modélisation de la mortalité intégrant les coefficients correcteurs, sont utilisés (**Huso**, **Jones** et **GenEst**). L'utilisation de ces différents estimateurs sert à homogénéiser les interprétations.

4.3.1 ESTIMATEURS HUSO ET JONES

Les estimateurs Huso et Jones permettent d'estimer la mortalité grâce aux formules décrites ci-dessous (Tableau 5).

Tableau 5 : formules d'estimation de la mortalité

Formule de Huso :	Avec :
$N = \frac{Na - Nb}{d * p * e} * A$	<p>N : le nombre de cadavre total estimé</p> <p>Na : le nombre total d'individus trouvés morts</p> <p>Nb : le nombre d'individus tués par autre chose que les éoliennes</p>
Formule de Jones :	<p>A : le coefficient correcteur surfacique $\sum \left(\frac{\text{cadavre/prospectabilité}}{\text{nombre total de cadavres}} \right)$</p> <p>t : la durée moyenne de persistance des cadavres</p> <p>d : le taux de découverte, variable en fonction du couvert végétal</p> <p>I : la durée de l'intervalle entre les passages (en jours)</p> <p>e : le coefficient correcteur de l'intervalle équivalent à $\frac{MIN(\hat{I};I)}{I}$</p> <p>p : le taux de persistance, qui est :</p> <ul style="list-style-type: none"> • p (pour Huso) : $t * \frac{1 - \exp(-\frac{I}{t})}{I}$ • p (pour Jones) : $\exp(-0.5 * (\frac{I}{t}))$

Lorsque le taux de persistance calculé est faible en regard de l'intervalle de temps entre deux prospections, l'utilisation d'exponentielles dans ces formules peut résulter en une estimation de mortalité beaucoup plus importante que le nombre d'observations, produisant ainsi des résultats aberrants. L'utilisation d'un terme de correction dans la formule de Huso atténue cette surestimation. **Nos recherches ont montré qu'il est cependant nécessaire d'utiliser la médiane du temps de persistance et non la date de dernière présence lors du calcul de la persistance moyenne avec cette formule.** La méthodologie d'estimation de la persistance moyenne dans les tests de persistance est décrite en Annexe 2.

4.3.2 ESTIMATEUR GENEST

L'estimateur international GenEst (Generalized Mortality Estimator, Dalthorp 2018), produit par l'agence gouvernementale de l'environnement des Etats-Unis (USGS), permet d'estimer la mortalité de manière fiable à partir d'une suite de modèles statistiques. Il se base pour cela sur les observations datées de cadavres, un calendrier des prospections propre à chaque turbine, un modèle statistique de survie décrivant la persistance des cadavres dans le temps, un modèle statistique d'efficacité d'observation et d'une estimation de la probabilité qu'un individu touché tombe dans l'aire de recherche (proportion pondérée par la densité).

GenEst est un logiciel libre utilisable via une interface utilisateur disponible en ligne (<https://connect.west-inc.com/GenEst/>). Son utilisation nécessite le téléchargement de cinq fichiers au format csv contenant les informations nécessaires au calcul de l'estimation de la mortalité pour un parc donné :

- Les dates et espèces des cadavres observés (CO),
- Le calendrier de prospection des éoliennes (SS),
- La persistance des cadavres notés sous forme de dernière présence et première absence observée (CP),
- L'efficacité d'observation de chaque leurre/cadavre utilisé lors des tests (SE),
- La proportion pondérée par la densité (DWP).

Les modèles paramétriques de survie, décrivant la persistance, peuvent être ajustés à l'aide de différentes familles de distribution : exponentielle, Weibull, log-logistique ou log-normale. D'autres part, les modèles d'efficacité et de persistance peuvent être ajustés avec des variables prédictives telles que la taille des cadavres ou les saisons, susceptibles d'influencer la persistance ou la détection des cadavres. Lorsqu'elles sont disponibles, toutes les combinaisons de ces variables et des familles de distribution sont intégrées dans des modèles qui seront ensuite comparés entre eux et comparés aux modèles nuls (sans variables explicatives) par le critère d'information d'Akaike (AIC). Le modèle possédant le plus petit AIC sera gardé pour les estimations finales. Si la différence entre l'AIC de 2 modèles est inférieure à 2, le modèle contenant le moins de variables sera sélectionné. Le paramètre k des modèles d'efficacité est fixé à 1, de manière à simuler une probabilité constante de détecter un cadavre non détecté à la première recherche, lors de recherches successives.

Une fois les modèles de persistance et d'efficacité déterminés, l'estimation de mortalité est réalisée par un autre modèle intégrant les dates d'observation des cadavres, la probabilité que le cadavre tombe dans l'aire de recherche, et le calendrier de prospection des éoliennes. En absence de valeurs estimées de probabilité que les cadavres tombent dans l'aire de recherche et afin de rester cohérent avec les autres méthodes d'estimation, cette valeur est fixée à 1, supposant que tous les cadavres tombent dans l'aire de recherche. Le modèle d'estimation de persistance est réalisé avec 1000 itérations. La valeur médiane résultante est utilisée comme estimation de la mortalité pour ce parc. Cette valeur est rapportée au pourcentage moyen de surface prospectée tout au long du suivi. Les estimations de mortalité sont ensuite divisées entre chiroptères et oiseaux afin de fournir des valeurs pour chacun des 2 groupes.

5 PATRIMONIALITE, SENSIBILITE ET NIVEAU DE RISQUE POUR LES OISEAUX ET LES CHAUVES-SOURIS

La méthode employée est basée sur le document « Guide de préconisation pour la prise en compte des enjeux chiroptérologiques et avifaunistiques dans les projets éoliens - Région Hauts-de-France » (DREAL Hauts-de-France, septembre 2017 ; cité ci-après sous la dénomination « Guide de préconisation HdF ») **et adapté à la Région Bretagne par Ouest Am'.**

6 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE ET SEUIL DE SIGNIFICATIVITE

Afin de pouvoir effectuer une comparaison au niveau régional de la mortalité des chiroptères et des oiseaux, Ouest Am' a réalisé une étude en 2024 sur les estimations de la mortalité calculées avec GenEst à partir des données brutes de mortalité collectées sur les sites suivis durant la période 2019-2023 par Ouest Am' et retranscrites dans les rapports. Bien que les estimations de mortalité soient réalisées sur l'ensemble de la période de suivi de mortalité, la comparaison avec les estimations de mortalité des parcs de la région ne concerne que la période allant de la semaine 20 à 43, période commune à chaque site, afin de pouvoir réaliser des comparaisons sur des pas de temps et périodes similaires.

La méthode consiste à comparer l'estimation de la mortalité par éolienne du site pour les chiroptères et les oiseaux, calculée avec GenEst, avec l'estimation de la mortalité moyenne par éolienne des sites de la région (pour les régions Bretagne et Pays de la Loire). Si les données des sites de la région sont trop rares pour effectuer des comparaisons (Centre-Val de Loire, Nouvelle-Aquitaine et Normandie), les suivis de l'ensemble des régions seront utilisés. Au total, 99 rapports de suivi de mortalité ont été utilisés dans l'analyse (Tableau 6).

Tableau 6 : nombre de rapports de suivi de mortalité utilisés pour l'étude de la comparaison de la mortalité

Région	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Pays de la Loire	7	5	14	11	11	48
Bretagne	3	7	2	9	6	27
Centre-Val de Loire	3	0	3	3	0	9
Nouvelle-Aquitaine	1	1	1	2	1	6
Normandie	0	2	3	3	1	9
Grand ouest	14	15	23	28	19	99

Les résultats sont donnés sous la forme d'un graphique de classement des parcs du plus mortifère au moins mortifère pour les chauves-souris et pour les oiseaux.

D'après les valeurs du nombre de cadavres estimé par éolienne entre les semaines 20 et 43 pour l'ensemble des suivis étudiés, différents seuils de significativité (Tableau 7) et niveaux de mortalité (Tableau 8) sont définis selon les barèmes suivant :

Tableau 7 : seuils de significativité

Significativité	Comparaison
Significative	> Moyenne régionale
Non significative	< Moyenne régionale

Le nombre d'individus impacté est une donnée importante. Même lorsqu'il s'agit d'espèces non protégées pour l'avifaune, il s'agit d'une indication sur les potentialités d'impacts pour certaines espèces.

Tableau 8 : classes de niveaux de mortalité

Niveau de mortalité	Limite inférieure	Limite supérieure
Fort	Q3	∞
Modéré	Q1	Q3
Faible	>0	Q1
Très faible	Aucun cadavre retrouvé*	

Le premier quartile (Q1) représente la valeur sous laquelle se trouvent les 25 % des données les plus faibles, indiquant la limite inférieure de la distribution ; L'intervalle entre Q1 et Q3 contient 50 % des données centrales de la distribution ; Le troisième quartile (Q3) marque la valeur sous laquelle se trouvent les 75 % des données.

*aucun cadavre retrouvé ne signifie pas nécessairement qu'aucun individu n'a été impacté.

7 LIMITES DE LA METHODE

7.1 SITE ET PROTOCOLE

Le nombre de cadavres trouvés dans la zone de recherche définie par le protocole national ne représente qu'une fraction de l'impact réel de ces infrastructures sur la faune, car certains peuvent se trouver en dehors de la zone de prospection, ce qui risque de sous-estimer la mortalité réelle. De plus, bien que la forme carrée de prospection soit plus facile à mettre en œuvre sur le terrain, elle ne permet pas d'échantillonner des zones à distance égale de l'éolienne, contrairement à un cercle, qui est cependant plus difficile à mettre en œuvre.

7.2 ESTIMATION DE LA MORTALITE

Il est également important de considérer l'impact de la surface prospectée sur les estimations de la mortalité. Si la surface prospectée est faible, cela signifie que les cadavres ne sont recherchés que dans une petite zone, laissant ceux situés dans des zones inaccessibles non détectables. L'extrapolation du nombre de cadavres trouvés dans cette zone peut être biaisée si leur répartition n'est pas homogène. Ainsi, une petite surface prospectée peut ne pas refléter la distribution réelle des cadavres, ce qui pourrait entraîner une sous-estimation de la mortalité si la majorité des cadavres se trouve en dehors de cette zone. En revanche, il est également possible qu'une petite surface prospectée entraîne une surestimation de la mortalité si elle présente une densité élevée de cadavres.

L'estimation de la mortalité peut également être biaisée si la persistance des cadavres est faible, car cela réduit la probabilité de les détecter. Plus la persistance diminue, plus le risque d'une estimation imprécise de la mortalité augmente. Bien que les formules plus récentes de Jones et Huso semblent être moins influencées par ces facteurs, ces formules reposent sur l'hypothèse que la persistance des cadavres suit une distribution exponentielle, ce qui n'est pas toujours vérifié.

8 METHODE DE CALIBRAGE DES MESURES CORRECTIVES

Afin de pouvoir rendre une conclusion concernant l'impact du parc éolien sur la faune volante, Ouest Am' a développé une méthode qui permet de définir si le parc a un impact significatif et s'il nécessite ou non des mesures correctives.

Méthode Ouest Am' :

1. Si la **mortalité estimée du parc suivi > moyenne estimée en région**, la mortalité est considérée **comme significative pour le critère « nombre d'individus »**. Des mesures correctives sont nécessaires la plupart du temps (sauf mortalité pour des espèces non protégées pour les oiseaux).

2. Si la **mortalité estimée du parc suivi < à la moyenne estimée en région**, 4 cas sont possibles :

- ✓ Cas 1. **Présence d'espèces de niveau VU (vulnérable au niveau régional ou national) ou supérieur**, la mortalité est **significative**, des mesures de réduction sont nécessaires.
- ✓ Cas 2. **Absence d'individus VU ou de niveau supérieur pour les oiseaux et absence de mortalité supérieure à 3 individus de la même espèce d'oiseau**, la mortalité n'est pas

significative, des mesures de réduction ne sont pas nécessaires (mais elles peuvent être mises en place pour les espèces protégées de l'avifaune).

- ✓ Cas 3. **Absence d'individus VU ou de niveau supérieur pour les chiroptères et absence de mortalité supérieure à 3 individus de la même espèce de chiroptères**, la mortalité n'est **pas significative**, mais des **mesures de réduction (bridage) sont nécessaires** étant donné que toutes les espèces de chauves-souris sont protégées. Dans ce cas, le bridage proposé peut être ciblé sur les espèces ou les périodes pendant lesquelles la mortalité brute a été constatée.
- ✓ Cas 4. **La mortalité brute est nulle** pour les chiroptères mais l'activité enregistrée nécessite un bridage spécifique pour les espèces cibles et notamment les espèces classées VU ou de niveau supérieur.

En cas de mise en place de mesures de réduction et notamment de bridages ou d'évolution des bridages en cours, il est souvent nécessaire de reproduire le suivi de mortalité en année n+1 pour s'assurer que la nouvelle mesure est fonctionnelle.

Les mesures de réduction les plus fréquentes sont :

- ✓ Le bridage par seuil (vitesse de vent, température, pluviométrie selon une période et des horaires définis par le suivi),
- ✓ Le bridage « dynamique » via un système de suivi et d'arrêt des éoliennes pour les chiroptères.
- ✓ Les systèmes de détection avifaune (SDA) qui suit les oiseaux et arrête l'éolienne en cas de risque d'impact. Ces systèmes ne fonctionnent pas pour toutes les espèces et pour toutes les périodes. Ils peuvent toutefois aider à diminuer la mortalité des oiseaux diurnes et de taille suffisamment importante. Il est toutefois nécessaire de s'assurer de leur bon fonctionnement en réalisant un suivi de mortalité simultanément à minima la première année de fonctionnement du système.
- ✓ Le bridage dit « agricole » pour les oiseaux (arrêt des éoliennes dans un rayon et une temporalité à définir) – cette mesure efficace est très difficile à mettre en œuvre avec les exploitants agricoles. Il faudra alors s'assurer de la totale coopération des exploitants.

D'autres mesures, correctives, peuvent être mise en place. Elles sont plus proches de mesures compensatoires :

- ✓ La restauration ou la création d'habitats ou de gîtes pour les espèces concernées (à bonne distance du parc et des autres parcs existants),
- ✓ Le suivis de populations d'espèces patrimoniales associé à une surveillance du parc pour ces espèces afin de mieux définir les mesures de réduction,
- ✓ Etc.

Des mesures expérimentales peuvent également être proposées comme le fait de peindre une partie des pales avec une couleur ciblée pour une ou plusieurs espèces précédemment impactées. A ce jour, cette mesure n'a pas été mise en place et suivie en France mais elle a été mise en place et suivie en Norvège (<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.6592>).

9 RAPPEL DES CONCLUSIONS DES SUIVIS PRECEDENTS

Deux suivis ont été réalisés précédemment par le bureau d'études Ouest Am' :

- D'avril 2022 à mars 2023, avec 52 passages
- D'avril 2023 à mars 2024, avec 52 passages

Le nombre de cadavres (Tableau 9) ainsi que les conclusions du suivi (Tableau 10) sont rappelés ci-dessous.

Tableau 9 : nombre de cadavres constaté et estimé pour l'ensemble du parc lors des suivis de mortalité précédents

Année	Nombre de cadavres constaté		Nombre de cadavres estimé	
	Chiroptères	Oiseaux	Chiroptères	Oiseaux
2022-2023	0	1 Buse variable 1 Epervier d'Europe 1 Hirondelle de fenêtres 1 Pic épeiche 1 Goéland argenté	0	17-22
2023-2024	0	1 Roitelet huppé	0	5-7

Tableau 10 : rappel des conclusions des suivis précédents

Année	Rappel des conclusions	
	Chiroptères	Oiseaux
2022-2023	<p>Concernant les chiroptères, la mortalité est nulle. L'impact est donc considéré très faible et non significatif. Aucune mesure corrective supplémentaire n'est donc nécessaire pour les chiroptères. De ce fait, le bridage actuellement mis en place peut être maintenu.</p> <p><u>Rappel du bridage actuellement en place :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ toutes les éoliennes, ✓ période : du 1^{er} mai au 31 octobre, ✓ 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil <p>Lorsque les paramètres suivants sont réunis :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ températures supérieures à 10°C, ✓ vent inférieur à 6 m/s, ✓ en l'absence de précipitations 	<p>Concernant les oiseaux, la mortalité est supérieure à la moyenne de la mortalité régionale, l'impact est considéré comme modéré et significatif en nombre d'individus impactés. Les 5 espèces impactées sont des espèces protégées.</p> <p>Nous proposons les mesures correctives suivantes afin d'améliorer les habitats de reproduction et de repos des espèces impactées (qui s'ajoutent à celles du parc de Penquer 1) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Plantation de 400 ml de haies arborescentes à plus de 200 m des éoliennes pour favoriser le développement d'insectes et les taux de survie des espèces d'oiseaux insectivores (Hirondelle de fenêtre). Les haies et leurs lisières constitueront à terme des sites de repos et de reproduction pour les rapaces impactés (Buse variable, Epervier d'Europe) et pour le Pic épeiche Il est préférable de planter les haies dans la continuité de haies existantes, idéalement en reconnectant des haies de bonne qualité. <p>OU</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mise en gestion différenciée (fauche tardive) des lisières des haies du parc à plus de 200 m des éoliennes afin de favoriser le développement de friches (sur un linéaire d'au moins 400 m). <p>ET</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mise en place de 2 nichoirs double spécifiques à Hirondelles de fenêtre au niveau d'une exploitation agricole ou d'un bâtiment communal à plus de 500 mètres des éoliennes. Il est préférable d'installer ces nichoirs à l'emplacement d'anciennes colonies ou de colonies existantes (l'installation se fait entre octobre et mars).

Année	Rappel des conclusions	
	Chiroptères	Oiseaux
2023-2024	<p>Selon la méthode Ouest Am', le niveau de mortalité constaté pour les chiroptères sur le parc de Penquer 2 est considéré comme très faible et non significatif pour le nombre d'individus par rapport à la mortalité régionale.</p> <p>De ce fait, des mesures de réduction supplémentaires ne sont pas nécessaires pour les chiroptères. La mortalité constatée au regard du bridage actuel peut être considérée comme non significative pour les populations de chauves-souris.</p>	<p>Concernant les oiseaux, la mortalité est inférieure à la moyenne régionale. L'impact est modéré et non significatif pour le nombre d'individus. Le roitelet huppé est une espèce protégée mais commune et non patrimoniale. Nous concluons que la mortalité peut être considérée comme accidentelle et non significative pour les populations d'oiseaux.</p>

10 MODELES DE REGULATION ACTUELS

Une mesure de réduction pour les chiroptères (bridage) est en cours sur le parc de Penquer II :

	Modèle de régulation
E1 et E2	Du 1 ^{er} mai au 31 octobre
	✓ 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil
	Température > 10 °C
	Vitesse de vent < 6 m/s
	Absence de précipitation

Une mesure de réduction pour l'avifaune (bridage) est en cours sur le parc de Penquer II :

	Modèle de régulation
E1 et E2	Du 1 ^{er} février au 30 avril
	30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le coucher du soleil et 30 minutes avant le lever du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil
	Température > 11 °C
	Vitesse de vent < 6 m/s
	Absence de précipitation

RESULTATS

11 HABITATS DANS UN RAYON DE 300 M (PHOTOINTERPRETATION)

La carte ci-après (Figure 4) montre principalement la présence de zones de culture. Plusieurs boisements sont présents à proximité des éoliennes. Le parc de Penquer II se situe également en zone arrière-littoral.

Les habitats relevés dans un périmètre de 300 m sont donc théoriquement attractifs pour les chiroptères. Les boisements et les haies peuvent servir de zones de chasses ou de gîtes à certaines espèces de chiroptères.

Les oiseaux quant à eux peuvent utiliser les zones de cultures pour des haltes migratoires, comme zone d'alimentation voire de reproduction pour certains oiseaux de plaine. Les boisements peuvent servir de zone de nidification voire de halte migratoire.

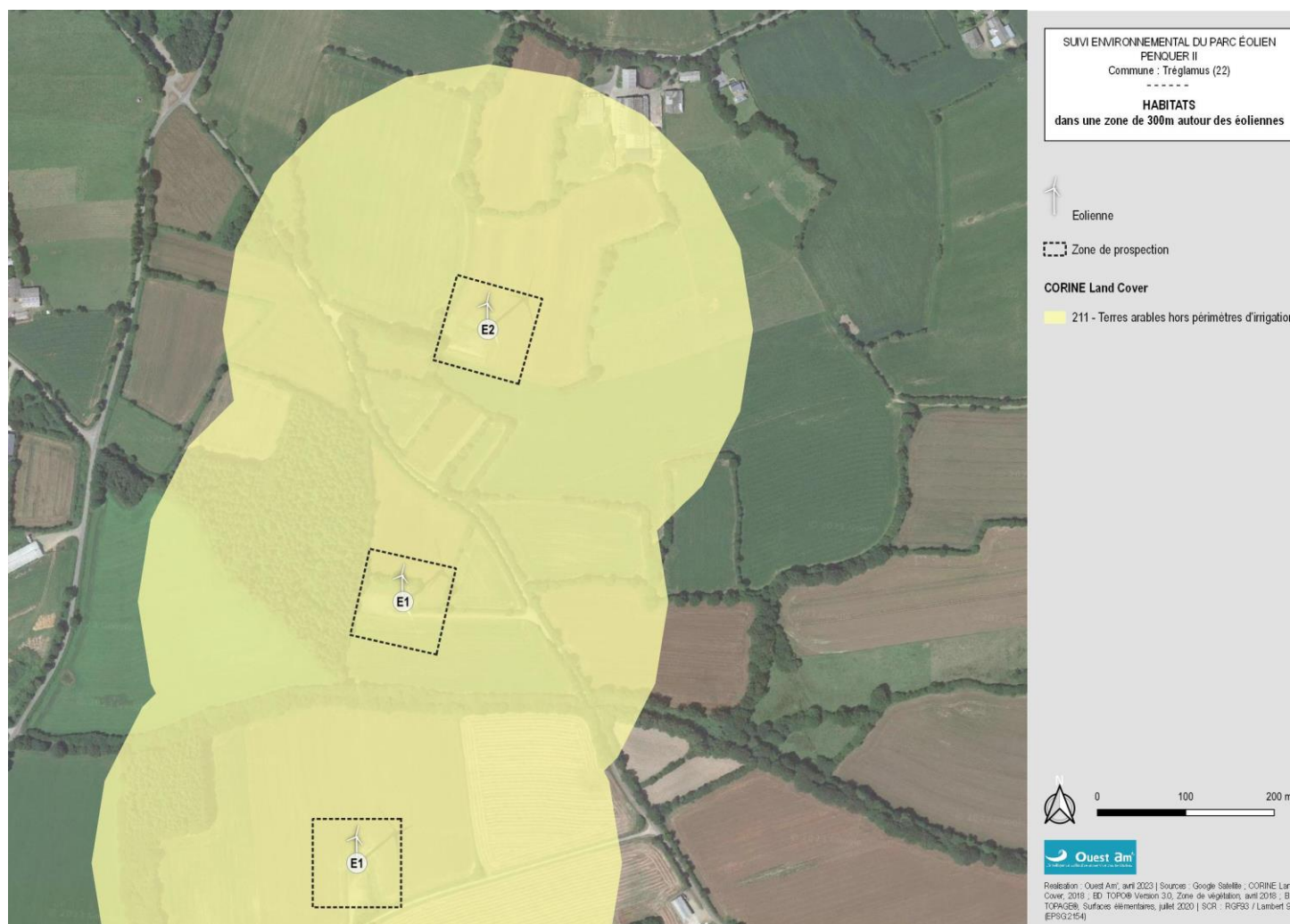


Figure 4 : carte des habitats à proximité des aires de prospection

12 ZONAGES ENVIRONNEMENTAUX

Les zonages environnementaux sont décrits ci-dessous (Tableau 11 et Figure 5).

Tableau 11 : zonages environnementaux dans un rayon de 5 km autour du parc

ZNIEFF 1		
ID_MNHN	NOM	DESCRIPTION INPN
530015671	LANDE SUPPLICE	Landes interpénétrées de parcelles agricoles et partiellement enrésinées. Fruticées et chênaies paraclimaciques, prairies mésophylle et humides.
530020021	LANDES DE GUERN HERVE	Landes mésophiles et landes humides à fractions tourbeuses, présentant un grand intérêt botanique : présence de plusieurs espèces végétales protégées et / ou menacées. Pâturage occasionnel (taurillons) permettant de lutter contre la fermeture du milieu et assurant une diversification des formations.
530120018	FORÊT DE COAT AN HAY - LEGUER AMONT	Corridor boisée du Léguer amont. - Intérêt mammalogique : Présence de la loutre, de la martre et du putois, chiroptères. Massif forestier constituant un ensemble avec la forêt de Coat an Noz ; la géologie contrastée (schistes cristallins au Nord-Ouest, Amphibolites au Sud et à l'Est) détermine 2 groupements principaux. - La chênaie-hêtraie acidiphile à myrtille (Betulaie à Sphaignes dans les secteurs mal drainés) - La Hêtraie neutrophile à Aspérule, largement pénétrée d'ifs, présentant un grand intérêt floristique (Nombreux taxons à tendance neutro-calcicole). Ce groupement est relayé par la chênaie frênaie dans les secteurs humides des vallons. L'enrésinement du massif est très avancé, et la constitution de réserves biologique s'impose à brève échéance - Intérêt zoologique : Abondance de l'Escargot de Quimper, mollusque sub-endémique protégé ; faune de lépidoptères assez diversifiée et caractéristique.
530020032	BOIS DE CREC'H CAN	Petit massif boisé de feuillus faisant partie du bassin versant du Trieux (Ruisseau du Bois de la Roche). Ensemble dominé par la Chênaie-hêtraie acidiphile, avec localement des faciès à Myrtille et Grande Luzule.
ZNIEFF 2		
ID_MNHN	NOM	DESCRIPTION INPN
530002104	FORÊT DE COAT-AN-NOZ ET COAT-AN-HAY	Les Forêts domaniales de Coat-an-Noz et Coat-an-Hay (séparées par la rivière Léguer : limite communale à ce niveau entre Belle-Isle et Louargat) sont en fait réunies dans un aménagement forestier unique de 795 ha 07, dont 789 ha environ sont inclus dans la zone (représentant les trois-quarts de la ZNIEFF). Des bois privés attenants et des landes sèches résiduelles sur la marge Nord (Crug Lann) sont logiquement intégrés à la ZNIEFF comme l'étaient déjà le bois et la zone tourbeuse sous Pen Bleiz et les landes sèches près de Pont Mein. Habitats déterminants : Malgré un trop fort enrésinement général, il est conservé de belles unités en feuillus. Le principal milieu déterminant de la zone est la hêtraie-chênaie acidiphile à acidiline à houx et plus particulièrement à if, assez abondant dans ce massif ; c'est un habitat forestier d'intérêt communautaire, représenté en futaie ou taillis. La hêtraie de l' <i>Asperulo-Fagetum</i> est plus localisée et surtout présente au Nord du Château de Coat-an-Noz sous sa variante neutrophile à mélisse, if et houx. Une particularité dans ces habitats est la présence à Coat-an-Noz d'une buxeraie spontanée en sous-bois, au niveau du Cap, dont l'origine remonterait à l'époque gallo-romaine. Deux autres habitats forestiers d'intérêt communautaire (prioritaires) tourbeux ou alluviaux surtout présents au niveau du couloir du Léguer et dans quelques fonds de vallons, sont aussi importants à conserver dans le site : l'aulnaie - frênaie à laiche espacée (<i>Carex remota</i>) des petits ruisseaux, présentant également 2 autres variantes marquées par l'abondance de la laiche penchée (<i>Carex pendula</i>), ou bien du noisetier en sous-strate ; et la boulaie pubescente tourbeuse à sphaignes surtout représentée dans sa variante acidiline accompagnée de saules et de laiche paniculée en situation alluviale, la race atlantique à <i>Sphagnum fimbriatum</i> est aussi présente sur Coat-an-Hay. Landes sèches, mares forestières et galeries de mine, sont aussi des habitats importants pour le site et facteurs de biodiversité, tant animale que végétale. Espèces déterminantes : 13 espèces de chauves-souris sont recensées sur le massif dont 8 sont déterminantes pour les ZNIEFF (dont 5 d'intérêt communautaire) parmi lesquelles 6 hivernent dans le site. L'existence de prairies naturelles de qualité en enclave ou au voisinage immédiat de la forêt est un point important pour les chiroptères, ce que prend

		<p>partiellement en compte la ZNIEFF. Avifaune : le peuplement d'oiseaux de la forêt a été particulièrement étudié et reste bien suivi par les ornithologues locaux. Plusieurs rapaces diurnes, pics et passereaux déterminants, nicheurs certains ou probables, sont recensés, parmi lesquels la Bondrée apivore, le Faucon hobereau, le Pic noir, le Pic mar, le Pouillot siffleur et le Grobec casse-noyaux.</p> <p>Cet espace inscrit en ZNIEFF de type II est donc d'une grande valeur écologique ; une ou plusieurs ZNIEFF de type I mériteraient sans doute d'être décrites ultérieurement dans la zone. L'Office National des Forêt a partiellement intégré ce fait, ne destinant pas toute la forêt domaniale au seul objectif de production : actuellement deux secteurs forestiers, centrés sur le vallon principal du Léguer, ainsi qu'un petit affluent du Guic naissant près de la maison forestière de la Barrière Blanche, font partie d'une "série écologique", prenant plus particulièrement en compte dans la gestion, la protection des habitats remarquables et espèces patrimoniales (secteurs également intégrés au périmètre du Site d'Intérêt Communautaire de la Vallée du Léguer).</p>
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

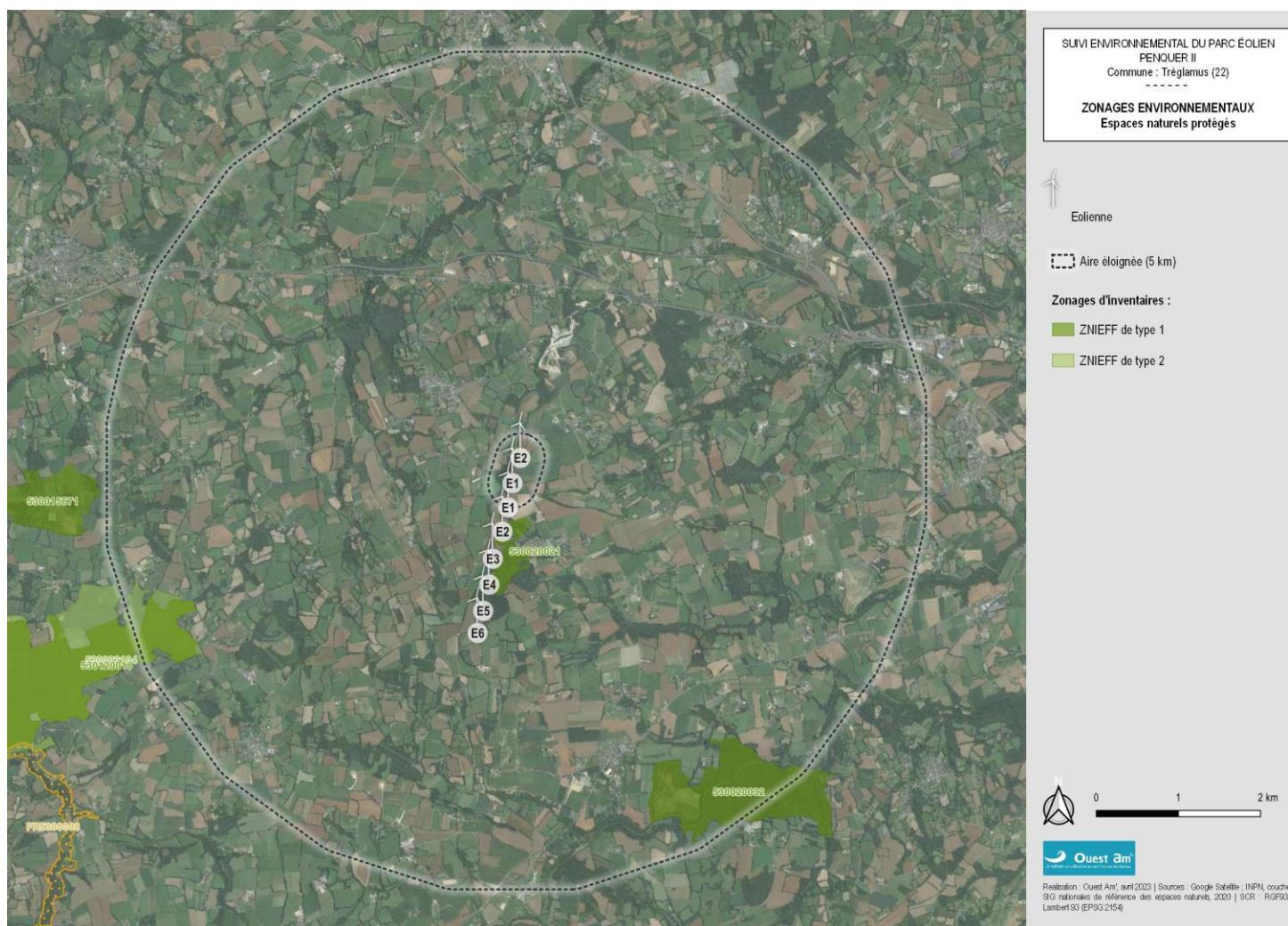


Figure 5 : carte du contexte environnemental du parc éolien

13 RESULTATS DES TESTS

13.1 TESTS D'EFFICACITE ET DE PERSISTANCE

A partir des résultats des tests (Annexes 3 et 4), l'efficacité d'observation et la persistance ont été directement calculées ainsi que modélisées statistiquement avec GenEst. Les résultats sont présentés ci-dessous (Tableau 12).

Tableau 12 : efficacité d'observation et persistance moyenne des cadavres

	Huso et Jones	GenEst
Efficacité d'observation (%)	Chiroptères/Oiseaux : 65 / 73	69
Persistance des cadavres (jours)	1,05*	0,42**

*(t) : persistance moyenne

**persistance médiane : temps au bout duquel 50% des cadavres ont disparu

13.2 PROSPECTABILITE

Selon les différentes composantes de l'occupation du sol sous les éoliennes, selon son évolution saisonnière et selon l'évolution des modes de gestion, la prospectabilité a varié au cours des recherches.

Le graphique suivant montre, pour chaque éolienne, la surface réellement prospectée lors de chaque passage (Figure 6).

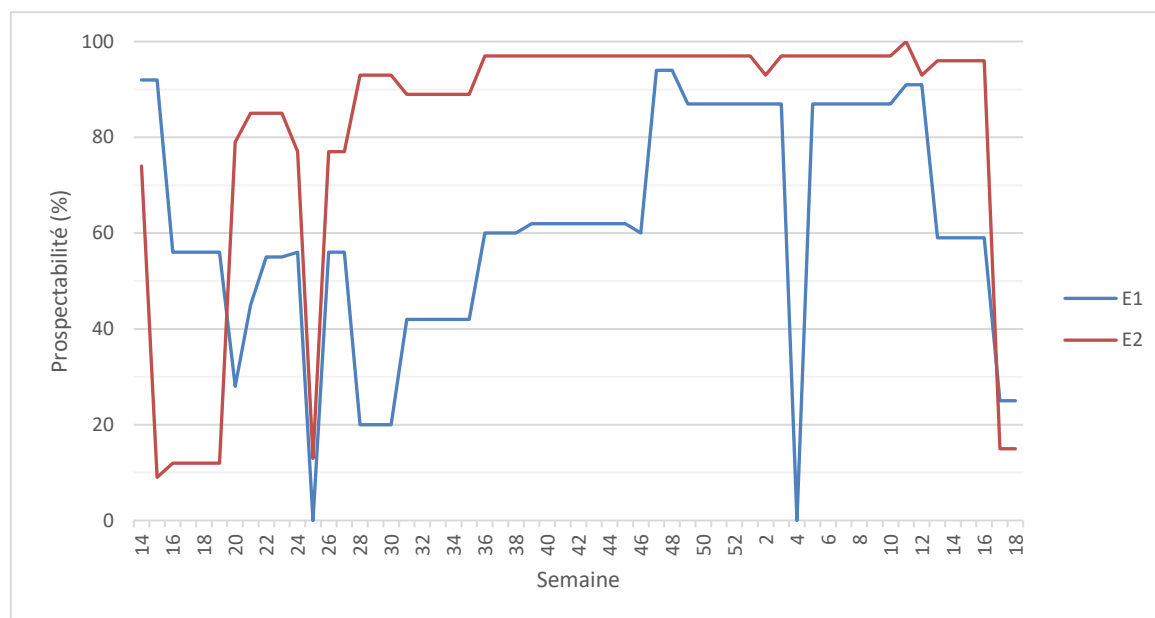


Tableau 13 : surface prospectée en fonction de l'éolienne

Eolienne	Surface prospectée (%)	Niveau de prospectabilité
E1	61	Bon
E2	82	Très bon
Parc	72	Bon

Ce facteur impacte logiquement les calculs d'estimation de mortalité avec une influence plus ou moins marquée selon la formule. Il est pris en compte dans l'interprétation des données de mortalité.

14 MORTALITE DES CHIROPTERES

14.1 MORTALITE BRUTE

Au total, aucun cadavre de chiroptères n'a été découvert durant ce suivi de 57 passages sous les éoliennes du parc de Penquer II (Annexe 5).

14.2 MORTALITE ESTIMEE

L'estimation de la mortalité a été calculée à l'aide de 3 méthodes : Huso, Jones et GenEst, conformément aux exigences du protocole national d'avril 2018 (Tableau 14).

Tableau 14 : estimation de la mortalité des chiroptères

N° Éolienne	Mortalité observée	Estimation de la mortalité		
		N Jones	N Huso	N GenEst
E1	0	0	0	0
E2	0	0	0	0
Parc	0	0	0	0*

*Médiane estimée pour l'ensemble des données de chiroptères, ajustée à la surface moyenne totale prospectée de toutes les éoliennes

La mortalité estimée est de 0 étant donné qu'aucun individu n'a été retrouvé.

Les différents paramètres utilisés dans le calcul de ces estimations sont détaillés en Annexe 6.

15 MORTALITE DE L'AVIFAUNE

15.1 MORTALITE BRUTE

Au total, aucun cadavre d'oiseaux n'a été découvert sous les éoliennes du parc de Penquer II au cours des 57 passages réalisés lors de ce suivi (Annexe 7).

15.2 MORTALITE ESTIMEE

L'estimation de la mortalité a été calculée à l'aide de 3 méthodes : Huso, Jones et GenEst, conformément aux exigences du protocole national d'avril 2018 (Tableau 15).

Tableau 15 : estimation de la mortalité des oiseaux

N° Éolienne	Mortalité observée	Estimation de la mortalité		
		N Jones	N Huso	N GenEst
E1	0	0	0	0
E2	0	0	0	0
Parc	0	0	0	0*

*Médiane estimée pour l'ensemble des données d'oiseaux, ajustée à la surface moyenne totale prospectée de toutes les éoliennes

La mortalité estimée est de 0 étant donné qu'aucun individu n'a été retrouvé.

Les différents paramètres utilisés dans le calcul de ces estimations sont détaillés en Annexe 8.

16 COMPARAISON AVEC LES SUIVIS DE MORTALITE DES PARCS DE BRETAGNE

16.1 CHIROPTERES

Selon la méthode Ouest Am', avec une moyenne de 0 individus/éolienne, la mortalité constatée pour les chauves-souris sur le parc de Penquer II est **non significative pour le nombre d'individus estimé, puisqu'elle se situe en dessous de la moyenne des estimations de mortalité des parcs de la région et qu'aucun individu n'a été retrouvé** (Figure 7).

Aucune espèce ayant de classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée.

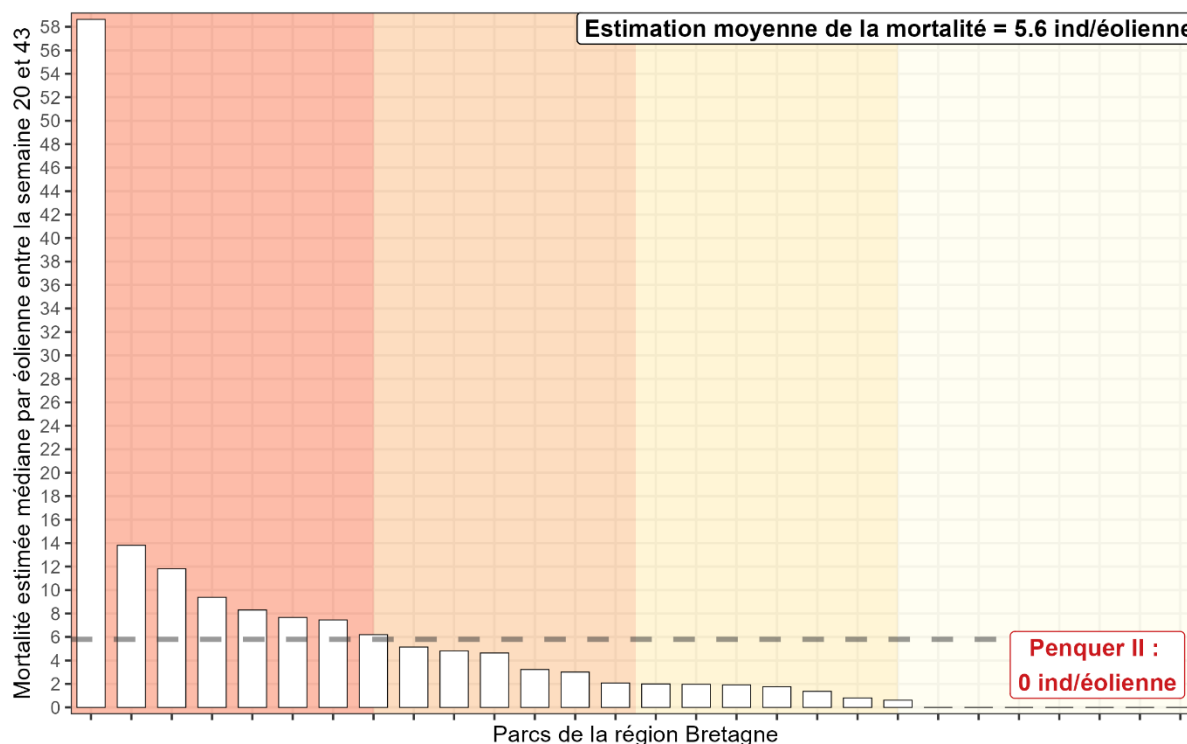


Figure 7 : Diagramme en barres représentant la mortalité estimée médiane des chiroptères par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge).

La barre horizontale pointillée représente la mortalité moyenne estimée des sites. Les couleurs en fond de graphique divisent les parcs en quartile en fonction de la mortalité estimée.

16.2 AVIFAUNE

Selon la méthode Ouest Am', avec une moyenne de 0 individus/éolienne, la mortalité constatée pour les oiseaux sur le parc de Penquer II est **non significative pour le nombre d'individus estimé, puisqu'elle se situe en dessous de la moyenne des estimations de mortalité des parcs de la région et qu'aucun individu n'a été retrouvé** (Figure 8).

Aucune espèce ayant de classement de patrimonialité « Vulnérable » ou de niveau supérieur n'a été recensée.

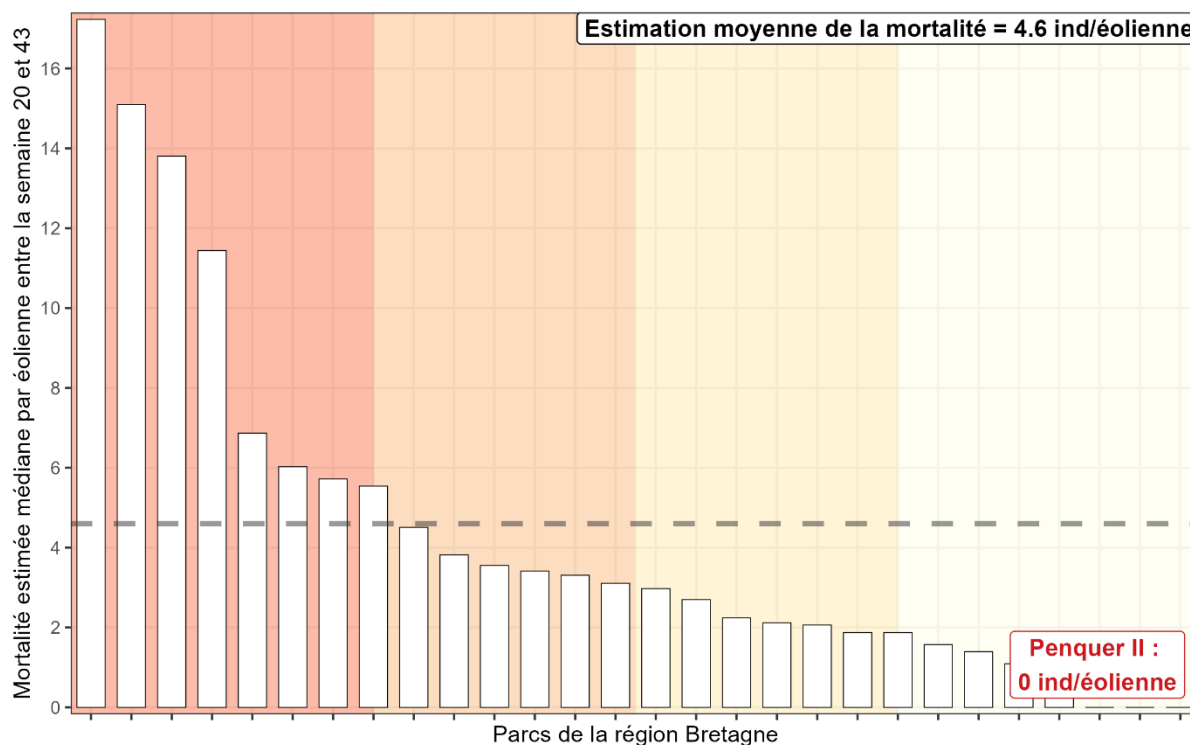


Figure 8 : Diagramme en barres représentant la mortalité estimée médiane des oiseaux par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge).

La barre horizontale pointillée représente la mortalité moyenne estimée des sites. Les couleurs en fond de graphique divisent les parcs en quartile en fonction de la mortalité estimée.

CONCLUSION

17 CHIROPTERES

17.1 SIGNIFICATIVITE POUR LES CHIROPTERES

Concernant les chiroptères, la mortalité est inférieure à la moyenne régionale par rapport aux autres parcs de la région. Aucun cadavre n'a été retrouvé. **L'impact est non significatif pour le nombre d'individus impactés.**

17.2 MESURES PROPOSEES POUR LES CHIROPTERES

Pour ces raisons, le bridage actuel peut être maintenu (Tableau 16) :

Tableau 16 : paramètres de bridage en fonction du mois

	Modèle de régulation
E1 et E2	Du 1 ^{er} mai au 31 octobre
	✓ 30 minutes avant le coucher du soleil à 30 minutes après le lever du soleil
	Température > 10 °C
	Vitesse de vent < 6 m/s
	Absence de précipitation

18 OISEAUX

18.1 SIGNIFICATIVITE POUR LES OISEAUX

Concernant les oiseaux, la mortalité est inférieure à la moyenne régionale par rapport aux autres parcs de la région. Aucun cadavre n'a été retrouvé. **L'impact est non significatif pour le nombre d'individus impactés.**

18.2 MESURES PROPOSEES POUR LES OISEAUX

Aucune nouvelle mesure n'est proposée pour les oiseaux. Le bridage actuellement en place peut être maintenu (tableau 17).

Tableau 17 : paramètres de bridage avifaune

	Modèle de régulation
E1 à E6	Du 1 ^{er} février au 30 avril
	30 minutes avant le coucher du soleil jusqu'à 30 minutes après le coucher du soleil et 30 minutes avant le lever du soleil jusqu'à 30 minutes après le lever du soleil
	Température > 11 °C
	Vitesse de vent < 6 m/s
	Absence de précipitation

19 NECESSITE DE REALISER UN SUIVI COMPLEMENTAIRE

Au regard des conclusions sur les chauves-souris et les oiseaux, il n'est pas nécessaire de réitérer le suivi environnemental.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : carte de localisation du parc éolien de Penquer II	6
Figure 2 : schéma de prospection sous les éoliennes	7
Figure 3 : photographies d'exemples de prospectabilité avec des détectabilités différentes (hors site) .	10
Figure 4 : carte des habitats à proximité des aires de prospection	22
Figure 5 : carte du contexte environnemental du parc éolien.....	25
Figure 6 : évolution de la prospectabilité au cours du suivi.....	26
Figure 7 : Diagramme en barre représentant la mortalité estimée médiane des chiroptères par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge).....	29
Figure 8 : Diagramme en barre représentant la mortalité estimée médiane des oiseaux par éolienne, calculée entre la semaine 20 et 43, sur l'ensemble des sites de référence de la région (barres blanches) et sur le site d'étude (barre rouge).....	30

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : parc éolien de Penquer II	5
Tableau 2 : classes de niveau de prospectabilité	9
Tableau 3 : classes de niveaux d'efficacité de recherche	10
Tableau 4 : classes de niveaux de persistance	11
Tableau 5 : formules d'estimation de la mortalité	12
Tableau 6 : nombre de rapports de suivi de mortalité utilisés pour l'étude de la comparaison de la mortalité	14
Tableau 7 : seuils de significativité	15
Tableau 8 : classes de niveaux de mortalité	15
Tableau 9 : nombre de cadavres constaté et estimé pour l'ensemble du parc lors des suivis de mortalité précédents	18
Tableau 10 : rappel des conclusions des suivis précédents	19
Tableau 11 : zonages environnementaux dans un rayon de 5 km autour du parc	23
Tableau 12 : efficacité d'observation et persistance moyenne des cadavres	26
Tableau 13 : surface prospectée en fonction de l'éolienne	27
Tableau 14 : estimation de la mortalité des chiroptères	27
Tableau 15 : estimation de la mortalité des oiseaux	28
Tableau 16 : paramètres de bridage en fonction du mois	31
Tableau 17 : paramètres de bridage avifaune	32

Annexes

ANNEXE 1 : TABLEAU DE PROSPECTABILITE ET DETECTABILITE

E1			Déteçtabilité			Prospectabilité (%)	
Passage	Semaine	Date	D1	D2	D3	Réelle	Improspectable
1	14	02/04/24	15	77	0	92	8
2	15	08/04/24	15	33	44	92	8
3	16	15/04/24	15	41	0	56	44
4	17	22/04/24	15	41	0	56	44
5	18	29/04/24	15	41	0	56	44
6	19	06/05/24	48	8	0	56	44
7	20	13/05/24	20	8	0	28	72
8	21	21/05/24	33	3	9	45	55
9	22	27/05/24	41	4	10	55	45
10	23	03/06/24	41	4	10	55	45
11	24	11/06/24	24	32	0	56	44
12	25	18/06/24	0	0	0	0	100
13	26	24/06/24	24	32	0	56	44
14	27	02/07/24	24	32	0	56	44
15	28	09/07/24	20	0	0	20	80
16	29	17/07/24	18	2	0	20	80
17	30	23/07/24	18	2	0	20	80
18	31	31/07/24	8	34	0	42	58
19	32	07/08/24	8	34	0	42	58
20	33	13/08/24	8	34	0	42	58
21	34	20/08/24	8	34	0	42	58
22	35	27/08/24	8	34	0	42	58
23	36	06/09/24	12	48	0	60	40
24	37	10/09/24	12	48	0	60	40
25	38	17/09/24	12	48	0	60	40
26	39	24/09/24	14	48	0	62	38
27	40	02/10/24	14	48	0	62	38
28	41	08/10/24	14	48	0	62	38
29	42	15/10/24	14	48	0	62	38
30	43	22/10/24	14	48	0	62	38
31	44	29/10/24	14	48	0	62	38
32	45	08/11/24	14	48	0	62	38
33	46	12/11/24	14	46	0	60	40
34	47	18/11/24	14	80	0	94	6
35	48	28/11/24	14	80	0	94	6
36	49	04/12/24	14	44	29	87	13
37	50	11/12/24	14	44	29	87	13
38	51	18/12/24	14	44	29	87	13
39	52	23/12/24	14	44	29	87	13

40	1	03/01/25	14	44	29	87	13
41	2	07/01/25	14	44	29	87	13
42	3	16/01/25	14	48	25	87	13
43	4	21/01/25	0	0	0	0	100
44	5	30/01/25	14	48	25	87	13
45	6	07/02/25	14	48	25	87	13
46	7	11/02/25	14	48	25	87	13
47	8	18/02/25	14	48	25	87	13
48	9	27/02/25	14	48	25	87	13
49	10	07/03/24	14	48	25	87	13
50	11	12/03/25	12	47	32	91	9
51	12	18/03/25	12	47	32	91	9
52	13	25/03/25	12	47	0	59	41
53	14	04/04/25	12	47	0	59	41
54	15	10/04/25	12	47	0	59	41
55	16	15/04/25	12	47	0	59	41
56	17	25/04/25	12	13	0	25	75
57	18	02/05/25	12	13	0	25	75

E2			Détectabilité			Prospectabilité (%)	
Passage	Semaine	Date	D1	D2	D3	Réelle	Improspective
1	14	02/04/24	9	0	65	74	26
2	15	08/04/24	9	0	0	9	91
3	16	15/04/24	9	3		12	88
4	17	22/04/24	9	3	0	12	88
5	18	29/04/24	9	3		12	88
6	19	06/05/24	9	3	0	12	88
7	19	13/05/24	8	71	0	79	21
8	21	21/05/24	8	68	9	85	15
9	22	27/05/24	8	68	9	85	15
10	23	03/06/24	8	68	9	85	15
11	24	11/06/24	13	0	64	77	23
12	25	18/06/24	13	0	0	13	87
13	26	24/06/24	13	0	64	77	23
14	27	02/07/24	13	0	64	77	23
15	28	09/07/24	10	4	79	93	7
16	29	17/07/24	10	4	79	93	7
17	30	23/07/24	10	4	79	93	7
18	31	31/07/24	10	79	0	89	11
19	32	07/08/24	10	79	0	89	11
20	33	13/08/24	85	4	0	89	11
21	34	20/08/24	85	4	0	89	11
22	35	27/08/24	85	4	0	89	11
23	36	06/09/24	10	77	10	97	3
24	37	10/09/24	10	77	10	97	3
25	38	17/09/24	10	77	10	97	3
26	39	24/09/24	10	77	10	97	3
27	40	02/10/24	10	77	10	97	3
28	41	08/10/24	10	77	10	97	3
29	42	15/10/24	10	77	10	97	3
30	43	22/10/24	10	77	10	97	3
31	44	29/10/24	10	77	10	97	3
32	45	08/11/24	10	77	10	97	3
33	46	12/11/24	10	77	10	97	3
34	47	18/11/24	10	77	10	97	3
35	48	28/11/24	10	77	10	97	3
36	49	04/12/24	10	77	10	97	3
37	50	11/12/24	10	77	10	97	3
38	51	18/12/24	10	77	10	97	3
39	52	23/12/24	10	77	10	97	3
40	1	03/01/25	10	77	10	97	3
41	2	07/01/25	10	68	15	93	7
42	3	16/01/25	10	70	17	97	3
43	4	21/01/25	10	70	17	97	3

44	5	30/01/25	10	70	17	97	3
45	6	07/02/25	10	70	17	97	3
46	7	11/02/25	10	70	17	97	3
47	8	18/02/25	10	70	17	97	3
48	9	27/02/25	10	70	17	97	3
49	10	07/03/24	10	70	17	97	3
50	11	12/03/25	11	0	89	100	0
51	12	18/03/25	11	4	78	93	7
52	13	25/03/25	11	7	78	96	4
53	14	04/04/25	11	7	78	96	4
54	15	10/04/25	11	7	78	96	4
55	16	15/04/25	11	7	78	96	4
56	17	25/04/25	11	4	0	15	85
57	18	02/05/25	11	4	0	15	85

ANNEXE 2 : METHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA PERSISTANCE MOYENNE DANS LES TESTS DE PERSISTANCE

Note méthodologique : Estimation de la persistance moyenne dans les tests de persistance

Auteur : **RAVACHE Andréas** - Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Paris, France

Contact : andreas.ravache@mnhn.fr

Les formules d'estimation de mortalité proposées par le [protocole national de 2015](#), révisé en [2018](#), intègrent un paramètre de persistance moyenne (t) estimée par le biais de tests de persistance. Cependant, le calcul de ce paramètre n'est pas explicité dans le protocole. Ce document vise à décrire et illustrer le calcul de ce paramètre en se basant sur de la littérature scientifique.

Nous nous baserons pour cela sur un exemple fictif de test de persistance réalisé avec 10 cadavres (**Tableau 1**). **J0** représente la date de dépose du cadavre le 1er janvier. Dans le cadre de cet exemple, des visites ont été réalisées à J1 (le lendemain de la dépose du cadavre), puis à J3, J6, J10 et J14. Le test de persistance a pris fin à J14, la présence des cadavres n'est plus suivie après cette date et les cadavres restant ont été retirés. Les croix (X) représentent la présence observée du cadavre le jour de la visite, les tirets (-) représentent l'absence d'observation du cadavre à cette date. Les cadavres « Carc3 » et « Carc5 » ont disparus entre le jour de la dépose et le jour de la première visite. Le cadavre « Carc7 » était toujours présent à la fin du test de persistance.

Tableau 1 : Exemple fictif de suivi de persistance

	J0 01/01	J1 02/01	J3 04/01	J6 07/01	J10 11/01	J14 15/01
Carc1	X	X	X	X	-	-
Carc2	X	X	X	X	-	-
Carc3	X	-	-	-	-	-
Carc4	X	X	-	-	-	-
Carc5	X	-	-	-	-	-
Carc6	X	X	X	-	-	-
Carc7	X	X	X	X	X	X
Carc8	X	X	-	-	-	-
Carc9	X	X	X	-	-	-
Carc10	X	X	X	X	X	-

La meilleure façon d'estimer la persistance moyenne (paramètre t des formules d'estimation), afin de l'intégrer dans les estimateurs proposés par le protocole national français de suivi de mortalité sur les parcs éoliens terrestres, serait de calculer le temps passé entre le début du test (J0) et la médiane entre le jour de dernière présence observée et le jour de première absence observée d'un cadavre lors des visites, puis de moyenner cette valeur entre cadavres. Ce calcul est illustré dans le **Tableau 2** et expliqué ci-après.

Prenons l'exemple de « Carc1 » : le cadavre a été déposé le 01/01 (J0), il était toujours présent lors de la visite réalisée le 07/01 (J6), mais il avait disparu lors de la visite suivante le 11/01 (J10). Ainsi sa disparition est contenue dans un intervalle compris entre 6 (intervalle gauche) et 10 jours (intervalle droit) après le début du test. On parle de données censurées par intervalles (interval-censored en anglais). Puisqu'on ne

sait pas quand cet évènement a eu lieu exactement durant cet intervalle, on estime son temps de persistance par la médiane entre ces deux intervalles, soit 8 jours.

Si le cadavre a disparu entre le début du test et la première visite réalisée le lendemain (« Carc3 » et « Carc5 » dans cet exemple), alors sa persistance estimée est de 0,5 jours. Si le cadavre est toujours présent à la fin du test (« Carc7 » dans cet exemple), on ne peut pas estimer correctement son temps de persistance. On parle alors de donnée censurée à droite : l'évènement étudié n'a pas eu lieu durant la période de suivi, il est compris dans un intervalle compris entre la fin du test (14 jours) et l'infini (Inf). Ce type de données requiert des analyses de survie plus complexes afin d'estimer efficacement la probabilité de persistance au cours du temps. Pour le calcul du temps de persistance moyen, on utilisera dans ce cas l'intervalle de gauche, même si ces résultats ne sont pas exacts, car il est impossible de calculer la médiane entre un nombre fini et l'infini. Ainsi, la persistance estimée de « Carc7 » sera de 14 jours. Une fois la persistance estimée pour chaque cadavre, il ne reste qu'à moyenner ces valeurs afin d'estimer la persistance moyenne des cadavres dans notre test de persistance. Ici on la calculera de la façon suivante : $t = (8 + 8 + 0,5 + 2 + 0,5 + 4,5 + 14 + 2 + 4,5 + 12) / 10 = 5,6$ jours.

Tableau 2: Exemple de calcul de la persistance estimée de chaque cadavre et de la persistance moyenne estimée (t) pour notre exemple fictif

	Date de Dernière Présence	Date de Première Absence	Intervalle gauche	Intervalle droit	Persistance estimée du cadavre
Carc1	07/01	11/01	6	10	8
Carc2	07/01	11/01	6	10	8
Carc3	01/01	02/01	0	1	0.5
Carc4	02/01	04/01	1	3	2
Carc5	01/01	02/01	0	1	0,5
Carc6	04/01	07/01	3	6	4,5
Carc7	15/01	NA	14	Inf	14
Carc8	02/01	04/01	1	3	2
Carc9	04/01	07/01	3	6	4,5
Carc10	11/01	15/01	10	14	12
Persistance moyenne (t) :					5.6 jours

Cette méthode de calcul de persistance moyenne (t) à partir des données issues de tests de persistance semble produire les estimations de mortalité les plus précises et les moins biaisées lors de leur intégration dans les formules d'estimation de mortalité (telle que la formule d'Huso). La robustesse de cette méthode de calcul a été testée dans plusieurs scénarios combinant des intervalles de suivis de persistance, de recherche de cadavre, et de nombre de carcasses observées. Cependant, elle est sensible au nombre de données censurées, c'est-à-dire à la proportion de cadavres toujours présents à la fin du test de persistance. L'estimateur [GenEst](#), utilisant des analyses de survie paramétriques, permet une meilleure estimation de la persistance, et produit des estimations de mortalité plus robustes à partir des mêmes données.

Pour en apprendre plus au sujet de l'estimation de la persistance lors des suivis de mortalité, de la sensibilité des différents estimateurs à la méthodologie d'estimation de la persistance ou pour trouver des recommandations sur ces estimations, un article scientifique traitant ces sujets, paru en 2024 dans la revue Biological Conservation, est disponible gratuitement [ici](#).

Ravache, A., Barré, K., Normand, B., Goislot, C., Besnard, A., Kerbirou, C., **2024**. Monitoring carcass persistence in windfarms: Recommendations for estimating mortality. *Biological Conservation*. 292, 110509.

ANNEXE 3 : TABLEAU DES TESTS D'EFFICACITE D'OBSERVATION

Date	Numéro du cadavre	Efficacité	Déteçtabilité
14/05/2024	1	1	D1
14/05/2024	2	1	D1
14/05/2024	3	1	D1
14/05/2024	4	0	D1
14/05/2024	5	1	D2
14/05/2024	6	1	D2
14/05/2024	7	1	D2
14/05/2024	8	1	D2
14/05/2024	9	1	D2
14/05/2024	10	0	D2
14/05/2024	11	0	D1
14/05/2024	12	0	D1
14/05/2024	13	1	D2
14/05/2024	14	0	D2
14/05/2024	15	1	D3
30/09/2024	1	1	D1
30/09/2024	2	1	D1
30/09/2024	3	1	D1
30/09/2024	4	0	D1
30/09/2024	5	0	D1
30/09/2024	6	0	D1
30/09/2024	7	1	D2
30/09/2024	8	1	D2
30/09/2024	9	1	D2
30/09/2024	10	1	D2
30/09/2024	11	1	D2
30/09/2024	12	0	D2
30/09/2024	13	0	D3
30/09/2024	14	1	D1
30/09/2024	15	1	D2
30/09/2024	16	1	D2
30/09/2024	17	1	D3

ANNEXE 4 : TABLEAU DES TESTS DE PERSISTANCE

Test	Saison	N° éolienne	N° Cadavre	Date de dépôt	Date de dernière présence	Date de première absence	Persistance médiane (censurée à droite)	Persistance moyenne d'un cadavre
1	Printemps	E1	1	03/06/2024	03/06/2024	04/06/2024	0,5	1,05
1	Printemps	E1	2	03/06/2024	04/06/2024	11/06/2024	4,5	
1	Printemps	E1	3	03/06/2024	03/06/2024	04/06/2024	0,5	
1	Printemps	E1	4	03/06/2024	03/06/2024	04/06/2024	0,5	
1	Printemps	E1	5	03/06/2024	03/06/2024	04/06/2024	0,5	
2	Automne	E2	1	24/09/2024	24/09/2024	25/09/2024	0,5	
2	Automne	E2	2	24/09/2024	25/09/2024	27/09/2024	2	
2	Automne	E2	3	24/09/2024	24/09/2024	25/09/2024	0,5	
2	Automne	E2	4	24/09/2024	24/09/2024	25/09/2024	0,5	
2	Automne	E2	5	24/09/2024	24/09/2024	25/09/2024	0,5	

ANNEXE 5 : TABLEAU DE MORTALITE DES CHIROPTERES

Passage	Semaine	Date	E1	E2
1	14	02/04/24	-	-
2	15	08/04/24	-	-
3	16	15/04/24	-	-
4	17	22/04/24	-	-
5	18	29/04/24	-	-
6	19	06/05/24	-	-
7	20	13/05/24	-	-
8	21	21/05/24	-	-
9	22	27/05/24	-	-
10	23	03/06/24	-	-
11	24	11/06/24	-	-
12	25	18/06/24	-	-
13	26	24/06/24	-	-
14	27	02/07/24	-	-
15	28	09/07/24	-	-
16	29	17/07/24	-	-
17	30	23/07/24	-	-
18	31	31/07/24	-	-
19	32	07/08/24	-	-
20	33	13/08/24	-	-
21	34	20/08/24	-	-
22	35	27/08/24	-	-
23	36	06/09/24	-	-
24	37	10/09/24	-	-
25	38	17/09/24	-	-
26	39	24/09/24	-	-
27	40	02/10/24	-	-
28	41	08/10/24	-	-
29	42	15/10/24	-	-
30	43	22/10/24	-	-
31	44	29/10/24	-	-
32	45	08/11/24	-	-
33	46	12/11/24	-	-
34	47	18/11/24	-	-
35	48	28/11/24	-	-
36	49	04/12/24	-	-
37	50	11/12/24	-	-
38	51	18/12/24	-	-
39	52	23/12/24	-	-
40	1	03/01/25	-	-
41	2	07/01/25	-	-
42	3	16/01/25	-	-

43	4	21/01/25	-	-
44	5	30/01/25	-	-
45	6	07/02/25	-	-
46	7	11/02/25	-	-
47	8	18/02/25	-	-
48	9	27/02/25	-	-
49	10	07/03/24	-	-
50	11	12/03/25	-	-
51	12	18/03/25	-	-
52	13	25/03/25	-	-
53	14	04/04/25	-	-
54	15	10/04/25	-	-
55	16	15/04/25	-	-
56	17	25/04/25	-	-
57	18	02/05/25	-	-

ANNEXE 6 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES CHIROPTERES

N° Éolienne	Nombre de cadavres comptés		Taux de détection	Prospectabilité moyenne	Coefficient correcteur	Intervalle entre les passages	Persistence moyenne d'un cadavre (jours)	Taux de persistence		Intervalle effectif	Coefficient correcteur de	Taux de détection	Persistence médiane d'un cadavre (jours)	Nombre de cadavres estimé		
	Na	Nb	d		A	I	t	p Jones	p Huso	\hat{I}	\hat{e}			N Jones	N Huso	N GenEst
E1	0	0	0,66	0,61	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0
E2	0	0	0,55	0,82	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0
Parc	0	0	0,61	0,71	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0

ANNEXE 7 : TABLEAU DE MORTALITE DES OISEAUX

Passage	Semaine	Date	E1	E2
1	14	02/04/24	-	-
2	15	08/04/24	-	-
3	16	15/04/24	-	-
4	17	22/04/24	-	-
5	18	29/04/24	-	-
6	19	06/05/24	-	-
7	20	13/05/24	-	-
8	21	21/05/24	-	-
9	22	27/05/24	-	-
10	23	03/06/24	-	-
11	24	11/06/24	-	-
12	25	18/06/24	-	-
13	26	24/06/24	-	-
14	27	02/07/24	-	-
15	28	09/07/24	-	-
16	29	17/07/24	-	-
17	30	23/07/24	-	-
18	31	31/07/24	-	-
19	32	07/08/24	-	-
20	33	13/08/24	-	-
21	34	20/08/24	-	-
22	35	27/08/24	-	-
23	36	06/09/24	-	-
24	37	10/09/24	-	-
25	38	17/09/24	-	-
26	39	24/09/24	-	-
27	40	02/10/24	-	-
28	41	08/10/24	-	-
29	42	15/10/24	-	-
30	43	22/10/24	-	-
31	44	29/10/24	-	-
32	45	08/11/24	-	-
33	46	12/11/24	-	-
34	47	18/11/24	-	-
35	48	28/11/24	-	-
36	49	04/12/24	-	-
37	50	11/12/24	-	-
38	51	18/12/24	-	-
39	52	23/12/24	-	-
40	1	03/01/25	-	-
41	2	07/01/25	-	-
42	3	16/01/25	-	-

43	4	21/01/25	-	-
44	5	30/01/25	-	-
45	6	07/02/25	-	-
46	7	11/02/25	-	-
47	8	18/02/25	-	-
48	9	27/02/25	-	-
49	10	07/03/24	-	-
50	11	12/03/25	-	-
51	12	18/03/25	-	-
52	13	25/03/25	-	-
53	14	04/04/25	-	-
54	15	10/04/25	-	-
55	16	15/04/25	-	-
56	17	25/04/25	-	-
57	18	02/05/25	-	-

ANNEXE 8 : TABLEAU DES ESTIMATIONS DE MORTALITE DES OISEAUX

N° Éolienne	Nombre de cadavres comptés		Taux de détection	Prospectabilité moyenne	Coefficient correcteur	Intervalle entre les passages	Persistance moyenne d'un cadavre (jours)	Taux de persistance		Intervalle effectif	Coefficient correcteur de	Taux de détection	Persistance médiane d'un cadavre (jours)	Nombre de cadavres estimé		
	N _a	N _b						p _{Jones}	p _{Huso}					N _{Jones}	N _{Huso}	N _{GenEst}
E1	0		0,72	0,61	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0
E2	0		0,79	0,82	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0
Parc	0	0	0,76	0,71	0,00	7,06	1,05	0,03	0,15	2,10	0,30	0,69	0,42	0	0	0